

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE BOTANICA**



**Estudio de Características Morfológicas en Semillas de Papaya**  
**Maradol (*Carica papaya L.*) y su Respuesta Fisiológica**

Por

**ELVIA LÓPEZ CÁRDENAS**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE BOTANICA**

**Estudio de Características Morfológicas en Semillas de Papaya Maradol  
(*Carica papaya L.*) y su Respuesta Fisiológica**


**Por**

**ELVIA LÓPEZ CÁRDENAS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada



**M. P. María Alejandra Torres Tapia**  
Asesor Principal



**Dr. Víctor Manuel Zamora Villa**  
Coasesor



**M. C. Leticia Escobedo Bocardo**  
Coasesor



**Dr. Leobardo Bañuelos Herrera**  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2012

## DEDICATORIAS

*A dios por haberme dado la vida y una familia maravillosa, por darme fuerza para vencer cada obstáculo que se me presenta, por haberme dado entendimiento para terminar mi carrera "Gracias."*

*A mis Padres Antonia Cárdenas Hernández y Juvenio López González por apoyarme en todo el trayecto de mi carrera y de mi vida, por darme consejos y querer lo mejor para mi siempre, son mi motivo para levantarme día a día, mi razón de ser, gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida y darme fortaleza para salir adelante, este éxito es de ustedes. "Los amo con todo mi corazón..."*

*A mis Hermanos: José Apolonio López Cárdenas, Baldomero López Cárdenas y Mario López Cárdenas por darme consejos y brindarme su comprensión, su apoyo y su cariño, gracias por ser los mejores hermanos del mundo, los quiero mucho....*

*A mis hermanos Víctor López Cárdenas, Celina López Cárdenas, Francisco López Cárdenas y Antonio López Cárdenas por su apoyo y cariño gracias por hacerme reír en los momentos más difíciles, y también son los mejores hermanos del mundo, los quiero mucho...*

*Gracias, me siento tan feliz de formar parte de una familia tan maravillosa...*

*A Antonia Hernández Álvarez, Inés Ramírez y Sarai que aparte de brindarme su amistad me apoyaron para salir adelante- ¡Gracias!*

*A mis amigos Fabián Pérez Labrada, Agustín Tamayo Domínguez, Ángel Olguín, Adrian Ramos Pinto, Antonia Gonzales Roblero, Araceli Sánchez Varela, Rocío Escorcía Casas y Gabriel Bonifaz López por brindarme su amistad sincera e incondicional, por escucharme, darme consejos y por estar conmigo en malos y buenos momentos...*

*A mi sobrinita Anabailey López es una personita muy especial que ¡quiero mucho!*

*A Nefalí Prestegui Santos quien formó una parte muy importante y especial en mi vida, y a pesar de todo fue mi fortaleza para lograr esta meta, sin embargo por azares del destino nuestras vidas tomaron caminos distintos y no me queda más, solo desearte con todo mi corazón que seas muy feliz y siempre te llevaré en mi corazón ¡Gracias!*

*A José y Juana Reyes por ayudarme desde que llegue a Saltillo, brindarme su confianza, comprensión, cariño y darme ánimos para culminar mi carrera. ¡Gracias!*

*A Fidel Cruz Mejía de la carrera de Ing. Forestal por brindarme su amistad incondicional y por los momentos que pasábamos juntos los cuales siempre me hacía reír. ¡Gracias!*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" y a su equipo de trabajo que colaboro para mi formación como profesionalista que me dieron las bases y las herramientas para poder competir en el mundo laboral. ¡Gracias!*

*A M.P. Alejandra Torres Tapia por dedicarme y apoyarme en la realización de mi tesis, por darme ánimos para seguir adelante y escucharme cuando más lo necesite. ¡Gracias!*

*A Ingeniero. Violeta Aspettia Echegaray por haberme apoyado, por sus consejos y brindarme su amistad incondicional y por formar parte de la realización de mi tesis. ¡Gracias!*

*Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa por apoyarme en la parte estadística y para la culminación de esta investigación. ¡Gracias!*

*A M.C. Leticia Bocado Escobedo por formar parte y apoyarme en mi trabajo de investigación. ¡Gracias!*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>ix</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Objetivo</b> .....	<b>3</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>3</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
Origen de la papaya .....	<b>4</b>
Importancia del Cultivo.....	<b>5</b>
Producción mundial.....	<b>6</b>
Producción Nacional .....	<b>7</b>
Reproducción .....	<b>8</b>
Características Botánicas .....	<b>9</b>
Morfología de la semilla de papaya .....	<b>15</b>
Calidad Fisiológica.....	<b>17</b>
Calidad física .....	<b>18</b>
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>21</b>
Ubicación del Área de Estudio .....	<b>21</b>
Material Genético .....	<b>21</b>
Metodología .....	<b>21</b>
Variables evaluadas.....	<b>23</b>
Diseño experimental.....	<b>26</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>27</b>
Clasificación e identificación morfológica de las semillas.....	<b>27</b>
Viabilidad .....	<b>32</b>
Capacidad de germinación .....	<b>35</b>
Vigor .....	<b>41</b>

<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>47</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>48</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pag</b>
<b>2.1</b>	Principales países productores de Papaya en el mundo de cuatro años en Toneladas y el total de producción por año.....	<b>6</b>
<b>2.2</b>	Principales Estados productores de Papaya en México en cinco años en Toneladas y total de producción por año.....	<b>7</b>
<b>4.1</b>	Comparación de Medias de los 18 tipos de características morfológicas en semilla del fruto de papaya Var. Maradol en su respuesta a la prueba de Viabilidad.....	<b>33</b>
<b>4.2</b>	Cuadrados medios y significancia de los 18 tipos de características morfológicas de semilla de papaya Var. Maradol en su respuesta en la prueba de capacidad de germinación bajo condiciones de Invernadero. Buenavista, 2011.....	<b>35</b>
<b>4.3</b>	Comparación de Medias de los 18 tipos de características morfológicas en semilla del fruto de papaya Var. Maradol en su respuesta a la Capacidad de Germinación bajo condiciones de Invernadero. Buenavista, 2011.....	<b>36</b>
<b>4.4</b>	Medidas de diámetro polar y ecuatorial de los tipos de características morfológicas de la Semillas de Papaya Var. Maradol.....	<b>38</b>
<b>4.5</b>	Cuadrados medios y significancia de los 18 tipos de características morfológicas de semilla de papaya var. Maradol en su respuesta en la prueba de Vigor bajo condiciones de Invernadero. Buenavista, 2011.....	<b>41</b>

<b>4.6</b>	Cuadrados medios de los 18 tipos de características de morfologías en semilla de papaya Var. Maradol en su respuesta en la prueba de Vigor bajo condiciones de Invernadero. Buenavista, 2011.....	<b>42</b>
------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pag.</b>
<b>2.1</b>	Forma del Hilio de una Semilla de Papaya.....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	Forma del Micropilo de una Semilla de Papaya.....	<b>16</b>
<b>2.3</b>	Forma del Rafe de Semilla de Papaya.....	<b>16</b>
<b>3.1</b>	Evaluación de una prueba de Viabilidad con Sal de Tetrazolio al 1% en Semilla de Papaya Var. Maradol a) Semilla Viable y b) Semilla no Viable.....	<b>24</b>
<b>4.1</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol con las características morfológicas a) Tipo I (Asimétrica Derecha); b) Tipo II (Asimétrica Izquierda).....	<b>28</b>
<b>4.2</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológica a) Tipo III (Esférica color claro); b) Tipo IV "A" (Tetra-plegada).....	<b>29</b>
<b>4.3</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológica e) Tipo IV "B" (Tetra-plegada) y f) Tipo V "C" (Tri-plegada).....	<b>29</b>
<b>4.4</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológica g) Tipo VI (Rafe-deforme); h) VII (Pliegue-definido).....	<b>30</b>
<b>4.5</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológicas a) Tipo VIII "A" (Penta-plegada); b) Tipo VIII "B" (Penta-plegada); c) Tipo VIII "C" (Penta-plegada).....	<b>31</b>

<b>4.6</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológica a) Tipo IX "A" (Hexa-plegada); b) Tipo IX "B" (Hexa-plegada).....	<b>31</b>
<b>4.7</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológicas a) Tipo X (Hepta-plegada); b) Tipo XI (Rafe ancho).....	<b>32</b>
<b>4.9</b>	Semilla de Papaya Var. Maradol característica morfológica Tipo XV (Levo-rafe).....	<b>32</b>
<b>4.10</b>	Comportamiento de la Prueba de Viabilidad de los 18 tipos de características morfológicas de la semilla de papaya Var. Maradol.....	<b>34</b>
<b>4.11</b>	Pruebas de Comparación de Medias de Capacidad de Germinación de los 18 tipos de semilla de Papaya Var. Maradol.....	<b>40</b>
<b>4.12</b>	Comportamiento entre variables de Vigor de los 18 tipos de características morfológicas de Semillas de Papaya Var. Maradol.....	<b>44</b>
<b>4.13</b>	Comportamiento de la variable Longitud Media de Hipocotilo (LMH) de los 18 tipos de características morfológicas de semillas de Papaya Var. Maradol.....	<b>45</b>

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papaya es nativo del sur de México y de Centroamérica, y se ha adaptado muy bien en diversas zonas tropicales y subtropicales de nuestro planeta (Nava, *et al.*, 2010), además este cultivo se ha destacado en los últimos años convirtiéndose rápidamente en una estrella dentro de los cultivos de zonas tropicales gracias a sus características únicas: su sabor y valores nutricionales muy atractivos para el consumidor, sus excelentes cualidades de comercialización y rentabilidad que ofrecen al productor (Cruz, 2008).

En México se cultivan varios tipos de papayas que van desde las criollas hasta cultivares mejorados genéticamente (Martínez, 1995). Las variedades que se consumen en México son: Amarilla, Hawaiana, Maradol, Roja y Criolla. Entre las variedades más cultivadas y comercializadas está la Maradol, de origen cubano, con peso promedio entre 0.5 y 1.0 kg de pulpa color roja y una producción de 690 a 879 mil toneladas por año. Los principales productores de papaya Maradol en México son Veracruz, Chiapas, Tabasco, Guerrero, Colima, Puebla y Yucatán (Rodríguez, 2008).

En estudios botánicos y morfológicos de esta especie se ha clasificado como una planta herbácea gigante, dicotiledónea, polígama y se divide en tres clases sexuales: masculina-estaminada; femenina pistilada y hermafrodita-bisexual; (Barreiro, 1999); donde las primeras dan origen a flores masculinas, tienden a ser delgadas y largas, con el tubo muy elongado y cinco pétalos cortos, 10 estambres y un pistilo rudimentario. Así mismo la femenina pistilada da origen a flores femenina que contienen el cáliz corto, de cinco sépalos, con cinco pétalos blancos libres y no hay estambres. El pistilo está constituido por un ovario elipsoidal liso, formado por

cinco carpelos unidos el estigma es muy grande y recortado, los frutos derivados de ellas tienden a ser globosos, lisos, de regular tamaño y en la base o la zona de unión al pedúnculo, presentan una cicatriz típica en forma de pentágono, que corresponde a la inserción de los 5 sépalos, por lo que se pueden reconocer como provenientes de flores femeninas.

En el caso de la hermafrodita-bisexual, son de tipo elongata es el más común en las flores andromonóicas, los pétalos están unidos en más de un tercio, hay 10 estambres situados al final del tubo de la corola, en dos series de cinco: los primeros, casi sésiles y opuestos a los pétalos; los segundos, con filamento corto, salen del borde de los pétalos el pistilo tiene el ovario alargado. Las semillas de ésta clase son las que tienen mayor probabilidad de originar plantas productivas con frutos de características deseables por el consumidor; sin embargo no existen suficientes estudios relacionados con la morfología de la planta, fruto y semillas producidas por esta última clase ya que solo describen las estructuras de la flor y semillas (Arlette y Miranda, 2005) sin considerar que en un fruto pueden haberse generado semillas de las tres clases sexuales;

Por lo anterior, es de suma importancia el conocer la morfología propia de cada semilla, su clase sexual y la proporción en que se encuentra en cada fruto, ya que por experiencia de los agricultores si la semilla proviene de la unión de una flor hermafrodita y una masculina, la tercera parte de las plantas serán machos e improductivas, otra tercera parte serán hembras y las otras terceras serán hermafroditas; en cambio si la semilla proviene del cruce de una flor hermafrodita con una femenina, la mitad de las plantas serán hembras y la otra mitad hermafroditas; todas capaces de fructificar. Mientras que si la semilla proviene del cruce de una flor hermafrodita con otra hermafrodita, o hay autofecundación, las dos terceras partes serán hermafroditas y una tercera parte serán hembras; donde esta última para aspectos comerciales es la más efectiva por producir semilla de alta calidad; la desventaja es que no se sabe la clase sexual de la planta hasta que ésta

emite sus primeras floraciones y se pueda distinguir el sexo, siendo ello hasta los tres meses de la siembra.

Por ello la necesidad de realizar más estudios respecto a la morfología de la especie, con la finalidad de encontrar diferentes características sobresalientes partiendo de semilla y distinguirlas en sus diferentes clases sexuales ya sea en un fruto o en varios y así mismo conocer su característica fisiológica de cada una de ellas de tal manera que se pueda dar origen a una plántula normal, por lo cual en el presente trabajo se planteó el siguiente objetivo e hipótesis:

### **Objetivo**

Identificar las diferentes características morfológicas de la semilla provenientes de frutos de plantas hermafroditas de papaya Var. Maradol y su calidad fisiológica.

### **Hipótesis**

Al menos una de las características morfológicas encontradas en las semillas de papaya Maradol es más sobresaliente en proporción, resaltando que se trata de una semilla hermafrodita y tiene una respuesta positiva en la calidad fisiológica.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Origen de la papaya**

La papaya fue descrita por primera vez en 1526 por el cronista español Oviedo, quien la encontró en las costas de Panamá y Colombia. Esta fue cultivada rápidamente en los trópicos, ya que su distribución, indudablemente es auxiliada por la abundancia de semillas de relativamente amplia viabilidad. Este fruto se ha adaptado en diversas regiones tropicales ([http://www.corspac.com/5 informe estudio mercado papaya 2009.pdf](http://www.corspac.com/5_informe_estudio_mercado_papaya_2009.pdf))

La historia de la dispersión de la papaya, a grandes rasgos, inicia aproximadamente en 1500, cuando los españoles llevaron semillas a Panamá y República Dominicana. En el siglo correspondiente, marinos y portugueses las llevaron a Filipinas, Malasia y la India. Para 1600 aproximadamente, estaban cultivando papayas en regiones cálidas de Sur y Centro América, Sur de México, las Antillas, Bahamas, Bermudas y Florida. En ese siglo la semilla de papaya fue transportada de la India a Nápoles, Italia. A Hawái llegó entre 1800 y 1820. Hasta 1900, la semilla de papaya fue llevada a Florida, probablemente de Bahamas. La variedad Solo se cultiva en Hawái desde 1911, originaria de Barbados y Jamaica. En 1978 se introdujeron a México las primeras semillas de la variedad Maradol, a través de la CONAFRUT, en Xalapa, Ver. ([http://www.corspac.com/5 informe estudio mercado papaya 2009.pdf](http://www.corspac.com/5_informe_estudio_mercado_papaya_2009.pdf))

La papaya en los primeros tiempos de la conquista se distribuyó rápidamente por todas las Antillas y Sudamérica. A finales del siglo XIV y a principios del siglo XV. El cultivo se difundió en Filipinas, Malasia, Sur de China, Ceilán y Hawái, por



navegantes españoles y portugueses. Hoy en día la papaya es considerada de origen americano, de la América tropical y según algunos autores específicamente en Centroamérica (entre México y Costa Rica), y se ha desarrollado en las zonas tropicales y subtropicales en todo el mundo (Basulto, 2009). Además representa hoy en día uno de los productos con mayor demanda en los mercados mundiales, ya sea para el consumo de mesa, o bien, en la actividad industrial (<http://www.snitt.org.mx/pdfs/demanda/papaya-maradol.pdf>).

### **Importancia del Cultivo**

La papaya es también llamada comúnmente "lechosa" en Venezuela "fruta bomba" en Cuba y "Mamao" en Brasil. Esta es una de las frutas tropicales más apetecidas por su suave y agradable sabor y las propiedades nutritivas, digestivas y medicinales que se le atribuyen. Su cultivo es atractivo para el agricultor ya que tienen ventajas sobre otros frutales, en especial su corto periodo entre siembra y cosecha, su alto rendimiento, una producción continua y el bajo desarrollo de la planta con otros árboles frutales ([http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/Cultivo%20de%20la%20papaya.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Cultivo%20de%20la%20papaya.pdf)).

Posee un alto valor nutritivo al ser una fuente excelente de vitamina C, alto contenido de fibra y folato, que es una vitamina B requerida para la producción de glóbulos rojos normales, además de ser un gran auxiliar para la digestión, la papaya roja es rica en vitamina A. El uso de la papaína como ablandador natural de carnes y en la industria cervecera como clarificador, es una planta de fácil crecimiento y producción temprana de frutos con una tasa interna de retorno rápida y en casos con tecnología adecuada alta, han hecho que la papaya este cobrando gran importancia en los últimos años (<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAFIA%20PAPAYA2010.PDF>

## Producción mundial

La producción de papaya (*Carica papaya* L.) se encuentra entre las principales especies de frutas cultivadas comercialmente en el mundo (Gómez *et al.*, 2010), además se caracteriza por su gran demanda en los diferentes mercados internacionales (FAO, 2010).

De acuerdo a Esquivel (2008), el mercado consumidor de frutas de papaya de gran tamaño va creciendo de manera considerable. Un ejemplo de ello, lo constituye un crecimiento considerable de las ventas de este tipo de frutos en Europa y Canadá, así como, en los Estados Unidos de América, donde el consumo del cultivar "Maradol" representa cerca de 75% del consumo de papaya.

La producción de papaya en Venezuela está alrededor de los 13.200 kg.ha<sup>-1</sup>, pero este valor es cuatro veces menor que en los países mayores productores del mundo, como Brasil, Nigeria, México y la India registrados en los últimos cuatro años y se pueden observar en el Cuadro 2.1 (Maselli, 2010).

**Cuadro 2.1 Principales países productores de Papaya en el mundo (2005-2008) en Toneladas.**

Países	2005	2006	2007	2008
<b>India</b>	700,000	700,000	700,000	2,685,900
<b>Brasil</b>	1,573,819	1,897,639	1,811,540	1,900,000
<b>Nigeria</b>	755,500	759,000	765,000	765,000
<b>Indonesia</b>	548,657	643,451	621,524	653,276
<b>México</b>	709,477	798,589	919,425	638,237
<b>Etiopía</b>	260,000	260,000	260,000	260,000
<b>Colombia</b>	137,660	163,200	223,945	207,698
<b>Guatemala</b>	25,000	113,277	184,530	184,530
<b>Filipinas</b>	146,628	157,120	164,234	182,907

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

## Producción Nacional

En México la variedad Maradol roja es de mayor importancia económica, por su alta rentabilidad y la gran demanda para su consumo en fresco e industrialización.

La papaya (*Carica papaya* L.) se cultiva principalmente en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán con un volumen de producción de 919,425 Ton. y un valor de producción de 2,696.9 millones de pesos (SIACON-SAGARPA, 2007).

En los estados de Veracruz y Chiapas se concentra más de 50 % de la superficie destinada a la producción de papaya Maradol roja, ocupando la mayor superficie y volumen exportado, (Cuadro 2.2).

**Cuadro 2.2 Principales Estados productores de Papaya en México en Toneladas del 2005-2008 y total de producción por año.**

Estados	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Veracruz</b>	227,462.51	254,891.05	280,479.353	398,031	152,402.8
<b>Chiapas</b>	186,634.01	122,115.71	147,480.06	150,467.71	143,107
<b>Oaxaca</b>	73,075.76	47,182.42	69,276.72	77,328.6	88,405.05
<b>Colima</b>	18,094.5	24,741.5	45,864	46,443	42,851
<b>Michoacán</b>	35,873.4	54,738.78	36,364.85	51,831.4	41,314.3
<b>TOTAL</b>	787,663.23	709,476.98	798,589.03	919,425.06	652,933.62

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

La propagación de papaya Maradol casi siempre se realiza por semilla y aunque puede producirse vegetativamente, rara vez se hace en plantaciones comerciales debido a que el costo no se justifica por la vida relativamente corta de la plantación (Gómez A. 2010).

## Reproducción

**Propagación Vegetativa:** Se realiza mediante esquejes obtenidos de las ramificaciones del arbolito de forma artificial ya que el papayo no se ramifica hasta cuando tienen tres o cuatros años. Los árboles viejos sufrirán la operación de desmoche o eliminación de la cabeza o cogollo del árbol, provocando así la producción de ramas o cogollos laterales.

Los esquejes serán los brotes de 25-30 cm que se cortan y se cauterizan con agua caliente a unos 50 °C. Estos esquejes se plantan en macetas que se colocan en lugares protegidos de los rayos solares y con humedad hasta la emisión de raíces.

Este método de propagación es muy laborioso y costoso ya que implica el mantenimiento de plantaciones de más de tres años para la obtención de plantas madre.

**Propagación por semilla:** Es la forma más económica y fácil de propagar el papayo. Se obtendrán distintos resultados, según se empleen semillas procedentes de árboles femeninos fecundados con papayos masculinos o semillas procedentes de árboles femeninos y hermafroditas. El poder germinativo de las semillas del papayo suele ser corto, por lo que se hará una siembra lo más cerca posible a la época de recolección. Esta siembra puede ser directa sobre el terreno o previa en semillero (Malo, 1994).

## Clasificación Taxonómica

Según Carisem (2000), la especie papaya tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	Vegetal
Tronco	Cormophyta
División	Antophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Chrisopetala
Segundo grado evolutivo	Dialipétala
Orden	Pariales
Familia	Caricácea
Género	Carica
Especie	Carica papaya

(Carisem, 2000).

## Características Botánicas

El papayo es una planta herbácea, gigante, dicotiledónea pertenece a la familia *Caricaceae* genero *Carica*, es de desarrollo limitado, pero rápido, pues su vida tiene una duración de 7 a 15 años y aunque llega a una altura de más de 10 metros, solo produce frutos durante los primeros años. Cuando es cultivado, usualmente tiene un solo tronco, pero a medida que envejece, desarrolla varias ramas, al igual que cuando sufre daños físicos en el tronco, es de consistencia carnosa, con las cicatrices de las hojas desprendidas a lo largo del tallo y con un gran penacho o cogollo en el ápice. Las hojas son de un gran tamaño y provistas de un peciolo largo, palminervadas y divididas en siete lóbulos en disposición palmada, que a su vez se encuentran divididos en forma pinnada. La fruta varia en tamaño y peso y cuelga de pequeños pedúnculos de las axilas de las hojas (Ibar, 1983).

El germoplasma de papaya presenta una considerable variación fenotípica para la mayoría de los rasgos hortícolas importantes, incluyendo tamaño, forma y color (Chávez *et al*, 2009).

## **Raíz**

El sistema radical se compone de una raíz pivotante que al penetrar en el suelo le sirve de apoyo, cuenta además con otras raíces grandes y tuberosas que se desarrollan superficialmente. La raíz pivotante profundiza a más de un metro si las condiciones del suelo lo permiten, esto es deseable para que la planta tenga un buen anclaje y soporte bien el peso de los frutos y las condiciones adversas del medio como el viento y las lluvias (Samson, 1991).

La raíz tiende a ramificarse profundamente y en forma más o menos radial, explotando una capa de suelo de aproximadamente 1 metro de profundidad; son flexibles y de color blanco cremoso (Morín 1967).

La función de este órgano es de sostén y anclaje de la plántula además de absorción de nutrientes y agua.

## **Tallo**

El tallo es erecto, cilíndrico, con tejidos esponjoso, hueco entre los entrenudos, de 10 a 30 centímetros de diámetro, sin ramas laterales, pero algunas veces dividido en ramificaciones de consistencia herbácea, algo lignificado en su base y puede alcanzar una altura de dos a diez metros, aunque esto depende de la variedad, edad de la planta, condiciones ambientales y de cultivo; es de epidermis lisa y de una coloración verde claro en el ápice, presentado en el resto de su longitud un color verde más oscuro o verde grisáceo (Ochese, 1980).

El tallo termina en un mechón de hojas de peciolo largos que nacen en forma alternada alrededor de él. Se aprecia la presencia de cicatrices grandes y prominentes que son causadas por la caída de las hojas e inflorescencia. Su función no es solamente de sostener las hojas sino también de la de transporte de agua y minerales además de la traslocación de fotosintatos (Morín 1967).

## **Hojas**

Las hojas se encuentran cerca del ápice del tronco, están arregladas espiralmente; el peciolo mide de 25 a 100 centímetros de largo, es hueco, de color gris pálido o teñido de purpura, la lamina mide de 25 a 75 centímetros de diámetro, es orbicular y glabra, palmeada y profundamente lobulada, con 7 a 11 lóbulos profundos y ampliamente dentados, de color verde pálido en el envés y con venación prominente. La hoja cambia morfológicamente durante el desarrollo partiendo de hojas juveniles lobuladas a hojas palmeadas en estado maduro de la planta.

Las hojas nuevas se desarrollan continuamente y las viejas se secan y caen; un papayo sano y bien atendido, normalmente posee entre 30 y 40 hojas funcionales, por lo que se estima que cada hoja representa aproximadamente del 3 a 4% de área foliar total. La tasa de emergencia de las hojas es de 2 por semana, aproximadamente 100 por año (Story, 1987).

Su función principal es la de realizar la fotosíntesis, además de ocurrir a través de ella la transpiración y respiración (Morales 1967).

## **Flor**

La papaya presenta tres tipos de plantas de acuerdo al sexo de las flores que produce: hembras, machos y hermafroditas de las cuales las plantas con flores hermafroditas son las que producen frutos con las mejores características

comerciales: forma alargada y piel gruesa, lo cual les permite resistir mas los daños mecánicos en poscosecha y una cavidad interna pequeña, es decir una mayor relación pulpa/semilla (Saalau *et al.*, 2009).

Debido a que es una especie polígama las flores de la papaya, se clasifican en tres clases sexuales: masculina, femenina y hermafrodita. Algunas plantas producen flores que no corresponden a estas tres formas básicas, pero exhiben diferentes grados de masculinidad o feminidad (Malo y Campbell, 1994).

➤ **Flores Masculinas:** Son de tamaño pequeño, aproximadamente de 2 centímetros, forma tubular, se agrupa en racimos con un pedúnculo largo (hasta 80 centímetros) poseen de 5 a 10 centímetros y un pistilo atrofiado. Los pocos frutos que llegan a maduración provenientes de este tipo de flor, no son comerciales, debido a su tamaño, forma y peso.

➤ **Flores Femeninas:** Son de tamaño grande de aproximadamente cuatro centímetros, forma oblonga, única por axila, casi sentada, posee solo pistilo con estigma amplio y pentalobulado y su ovario es globoso. Estas flores dan origen a frutos globosos, o sea con una cavidad amplia y pulpa delgada.

➤ **Flores Hermafroditas:** Son de tamaño intermedio, pedúnculo corto y ramificado con dos o tres flores, posee estambres y pistilo funcional.

Las flores hermafroditas presentan una amplia gama de variantes que oscilan entre **hermafrodita alongada**, la cual es parecida a la flor masculina, los estambres están adheridos a la cara interna de los pétalos, generalmente presenta 10 estambres, el ovario del pistilo es alargado. Esta flor es la que produce los frutos con mayor calidad, compactos, apropiados para empaque; **hermafrodita intermedia o irregular**, no es una flor bien constituida, formando frutos deformes, los estambres pueden variar de 5 a 10 y están colocados irregularmente en el tubo de la corola y



**pentandrica**, esta última posee cinco estambres y el filamento estaminal adherido a la cara externa del ovario, el fruto proveniente de esta flor es generalmente grande ovoidal y globosa y frecuentemente con surcos longitudinales marcados por los estambres (Sañudo *et al*, 2008).

## **Fruto**

En papaya Maradol la pulpa roja, se atribuye a la presencia de criptoxantina B, licopeno y caroteno. La papaya es un fruto climatérico de corta vida de anaquel que se cosecha en madurez fisiológica para extender su periodo de comercialización (Sañudo *et al*, 2008).

El fruto es una baya carnosa, quedando en su interior un solo hueco lleno de semillas, de las cuales pueden tener 1000 o más. Tiene una testa-epicarpio fina, lisa, algo coriácea y la pulpa-mesocarpio y endocarpio blanda de color amarillento o rojizo (Pereira, 1986).

La fruta varía de tamaño, forma y peso; cuelga de pequeños pedúnculos de las axilas de las hojas. El peso de los frutos varía en función de su ubicación en la planta, así tenemos que los ubicados en la parte baja del tallo son los más grandes, los que están en la parte media son intermedios y los de la parte apical son más chicos. El fruto contiene aproximadamente de 85 al 88 % de humedad y 7 al 12% de azúcares, la mayor parte de estos azúcares aparecen en el fruto durante las dos o tres semanas anteriores a la maduración (Mandujano, 1998).

## **Semilla**

La semilla es el producto del ovulo fertilizado, que en las angiospermas se forma dentro de un ovario, y es el resultado de la reproducción sexual. La forma de las semillas está determinada por el tipo de ovulo del que se han originado y su

posición dentro del fruto. El tamaño está determinado por la posición que guardan las semillas dentro del fruto y por la cantidad de nutrimentos que reciben durante su ontogenia. *El hilo* es la cicatriz que queda en la semilla cuando ésta se desprende del funículo. *El micrópilo* es una perforación a manera de canal que comunica a la semilla con el exterior y es el lugar por donde penetra el tubo polínico con el saco embrionario. *El rafe* es la costura longitudinal de la semilla formada en la parte que en el funículo es el filamento que unía al rudimento seminal. *El funículo* es el filamento que une el rudimento seminal con la placenta, formado principalmente por tejido vascular y que sirve de puente para el paso de agua y nutrientes de la planta madre a la semilla durante su desarrollo.

La semilla es de forma ovoide y de color marrón oscuro en la madurez, su tamaño fluctúa entre 4 y 6 mm, cubiertas por una capa mucilaginosa (sarcotesta), endotesta pardo negruzca y arrugada.

### **Concepto de semilla**

La semilla es el medio principal para perpetuar las generaciones de la mayoría de las plantas. La vida de esta cumple con una serie de eventos biológicos comenzando con la floración culminando con la germinación. Las características de la semilla de diversas especies varían grandemente en aspecto, tamaño, forma, estructura del embrión y presencia de tejido de almacenamiento (Maldonado, 2006).

Moreno (1996), menciona que en términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Desde el punto de vista de la Botánica, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el epispermo.

En cambio para Villarreal (1993), la semilla es el ovulo maduro y fertilizado, el cual lo conforman las siguientes partes: una cubierta o testa que protege las partes internas, el endospermo o tejido de reserva del alimento, que en muchas semillas rodean a los cotiledones y al embrión.

Por su parte Besnier (1989), afirma que las semillas son unidades de diseminación y reproducción sexual de las plantas superiores, procedente del desarrollo de los óvulos de sus flores, está compuesta de uno o varios embriones, reservas nutritivas y una o varias capas protectoras originadas a partir de los tegumentos del ovulo, ovario, tejidos de otras partes de la flor e incluso de la inflorescencia.

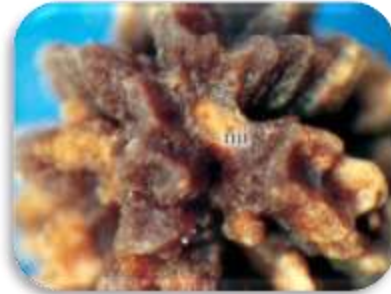
### **Morfología de la semilla de papaya**

**Hilio.** En la semilla de papaya, el hilo es bastante conspicuo, de forma redondeada y color amarillo como se muestra en la Figura 2.1.



**Figura 2.1 Forma del Hilio de una Semilla de Papaya**

**Micrópilo.** Se encuentra muy próximo al hilo, porque procede de óvulos anatropos (Figura 2.2).



**Figura 2.2 Forma del Micrópilo de una semilla de Papaya**

*Funículo:* Las semillas de papaya se encuentran unidas al funículo en posición parietal. Este es evidente, prominente y grueso, con una longitud entre 0.5 y 1.0 cm. El color varía desde blanquecino, en semillas inmaduras, hasta amarillo, en las semillas maduras.

*Rafe:* Gracias a que la semilla de papaya procede de óvulos anatropos, es posible apreciar esta región fácilmente, presente como una cicatriz (Figura 2.3).



**Figura 2.3 Forma del Rafe de Semilla de Papaya**

*Cubierta seminal:* La semilla de papaya proviene de un rudimento con dos tegumentos que al desarrollarse conforman la cubierta seminal. Los tejidos derivados del tegumento externo originan la exotesta, la mesotesta y la endotesta, mientras que los derivados de los tegumentos internos forman el tegmen. La exotesta es de

conciencia carnosa, jugosa, de color anaranjado y se le conoce como sarcotesta. La mesotesta es oscura, rugosa y dura.

*Cotiledones:* Al apreciar los cotiledones de la semilla de papaya, se concluyó que son planos y delgados. En cuanto a la forma, son ovados y de igual tamaño, uno con respecto al otro. El margen de los cotiledones es entero, con ápice redondeado. La base es atenuada porque el ángulo que forma la punta de la radícula con el margen de los cotiledones es menor de 45 °. Según la vernación o postura que presentan los cotiledones dentro de la semilla, son rectos porque presentan una postura paralela al eje del embrión (Gil *et al.*, 2005).

### **Calidad Fisiológica**

La calidad fisiológica de un lote de semillas implica que las simientes cumplan con la condición indispensable de viabilidad, pero además de estar vivas, las semillas deben poder germinar y producir una plántula con sus estructuras esenciales desarrolladas normalmente (Valle, 2008).

Para Castañeda (2009), la calidad fisiológica está determinada por la viabilidad, germinación y vigor de las semillas en donde: el proceso de **germinación** inicia con la imbibición de agua, la cual provoca la hidratación del protoplasma reactivando así la síntesis de proteínas, posteriormente a este proceso le sigue la digestión de nutrientes, la cual convierte las grasas, proteínas y carbohidratos a compuestos químicos más sencillos que son utilizados en los puntos de crecimiento del eje embrionario para originar nuevas partes de la planta, después inicia la división celular en los puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguida de la expansión de los tejidos, a medida que avanza este proceso, pronto se pone de manifiesto la estructura de la plántula (Hartmann y Kester, 1988).

Existen dos tipos de germinación:

- 1) La germinación epigea; en este tipo de germinación el hipócotilo se alarga y eleva los cotiledones sobre el terreno.
- 2) Germinación hipogea; el alargamiento del hipócotilo no eleva los cotiledones arriba del nivel del suelo y solo emerge el epicotilo. El patrón de germinación difiere entre plantas dicotiledóneas y plantas monocotiledóneas. La papaya por ser planta dicotiledónea presenta un tipo de germinación epigea (Moreno, 1976).

Mientras que **Vigor** se podría definir como la "habilidad" que presentan las semillas para producir plántulas normales, aún en condiciones que no sean las óptimas para esas semillas, por ejemplo las bajas temperaturas en el suelo y exceso de humedad. El vigor es considerado desde que la semilla alcanza su madurez fisiológica en la planta y es el punto donde convergen el máximo peso seco, viabilidad y el más alto vigor de la semilla (Miranda, 1984).

La pérdida de vigor precede a la pérdida de germinación y viabilidad (McDonald, 1977).

El vigor es definido como "la suma total de propiedades de la semilla que determinan el potencial para la rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo" (Association of Official Seed Analysts "AOSA", 1983).

### **Calidad física**

Terenti (1996), menciona que se le asocia con el color, brillo, daños mecánicos (fracturas, cuarteos), la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Por otra parte Castañeda (2009), nombra que la calidad física representa a la apariencia de la semilla, que depende del tamaño, peso volumétrico, brillantez, pureza analítica, ausencia de semillas de malezas comunes y nocivas.

Muñoz y colaboradores (2001), mencionan que la calidad física de las semillas se refiere a que éstas poseen atributos como: tamaño, forma, brillo, color, peso, etc. También incluye la integridad misma de la semilla, esto es, que no esté fracturada, dañada por insectos o manchada por la acción de microorganismos. También se asocia con la ausencia de cualquier contaminante distinto a la semilla.

### **Estudios sobre características morfológicas de la semilla y su relación con la calidad fisiológica**

La función primordial de la semilla en cualquier especie es producir nuevos individuos. El tamaño de la semilla se correlaciona positivamente con la germinación y el crecimiento de las plántulas en algunas especies, pues las semillas grandes logran un mayor incremento inicial en altura que las obtenidas de semillas pequeñas, debido a que poseen más tejido de reserva como fuente de alimento inicial para el embrión, y proveen nutrientes por más tiempo (Bonfil, 1998).

En investigaciones preliminares se han hecho estudios en diversas especies en los cuales toman en cuenta el tamaño, forma y color por ejemplo:

Franca Neto *et al.*, (1993), determinaron el efecto del arrugamiento en las semillas de soja sobre la calidad fisiológica de estas y concluyeron que la calidad de las semillas fue severamente afectada por esta característica ya que la germinación de las semillas arrugadas se redujo significativamente a medida que el nivel de arrugamiento del tegumento se intensificaba.

Por otra parte Valle Gallo (2008), realizó una investigación en el mismo tipo de semilla donde evaluó de acuerdo al color y forma la semilla de Soja (*Glycine max L.*) en donde obtuvo el 14 % de plántulas anormales y el 16 % de plántulas normales.

Cotton *et al.*, (1999), determinaron la viabilidad y el vigor de semillas de melón (*Cucumis melo* L.) con diferentes contenidos de clorofila reflejados en el color concluyeron que aquellas semillas de melón que presentaron menores contenidos de clorofila fueron las que produjeron un mayor porcentaje de plántulas normales y alto vigor; mientras que las semillas con altos contenidos de clorofila tuvieron menor viabilidad y vigor.

Pérez *et al.*, (2006) realizaron un estudio el cual consistió en evaluar el tamaño de semilla y su relación con la calidad fisiológica en variedades de maíz, este trabajo comprendió dos fases: en la primera se evaluó la calidad física de la semilla a través de su caracterización por forma y tamaño (plano grade y medio); en la segunda se analizó la calidad fisiológica, mediante pruebas de germinación y de vigor.

Por otra parte Cordazzo (2002), menciona que la masa de la semilla es un factor biológico importante que afecta la germinación, alargamiento y crecimiento de las plántulas.



## **MATERIALES Y METODOS**

### **Ubicación del Área de Estudio**

La presente investigación se llevo a cabo en el Laboratorio de Producción de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro la cual se localiza en el sureste del estado de Coahuila, en las coordenadas 101°59´17" longitud oeste y 25°23´59" latitud norte, a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar.

### **Material Genético**

El material genético utilizado fue semilla de papaya de la variedad Maradol, proveniente de 27 frutos maduros fisiológicamente, dichos frutos provinieron del Rancho "Gudiño" de la empresa Red Starr S.P.R. de R.L. de C.V. que se encuentra ubicada en el municipio de Tecomán, Col., México (18°54´37.7"N 103°52´22.6"O).

### **Metodología**

El trabajo se realizó en cuatro etapas; la extracción de la semilla de los frutos, el acondicionamiento de esta, la clasificación por tamaño y características morfológica y la evaluación fisiológica de los diferentes tipos de semilla.

## **Extracción de semilla**

La extracción se llevo a cabo en el laboratorio de Producción de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consistió en cortar longitudinalmente las frutas con ayuda de un cuchillo, posteriormente se pusieron a remojar en agua por 24 horas. Transcurrido este tiempo se procedió a retirarles el mucilago que las recubre, tallándolas cuidadosamente sobre un cedazo de plástico, enjuagándolas con abundante agua corriente.

Al término del lavado se extendieron sobre un papel filtro en una mesa por 4 días, a temperatura ambiente de 25 °C.

## **Acondicionamiento de la semilla**

La semilla seca con un 6 % de contenido de humedad, se llevó al acondicionamiento, esta fue separada de los restos de mucilago, semilla vana y semilla llena, utilizando un soplador "South Dakota" de flujo a aire constante.

Se coloco la muestra de semillas en el contenedor inferior y se procedió a separar activando el soplador, abriendo lentamente de manera manual el flujo de aire hasta una abertura de 8 cm. Las impurezas y semillas vanas, por su peso liviano se elevaron y se depositaron en el contenedor superior, mientras que en el contenedor inferior se quedo la semilla llena conocida como semilla pura.

## **Clasificación e identificación morfológica de las semillas**

Se examinaron las semillas puras y llenas utilizando un estereoscopio marca Zeiss (Stemi DV4), donde se clasificaron de acuerdo a sus características morfológicas:

- Formas: esféricas y ovoides.
- Color: café oscuro y café claro.

- Estructuras: pliegues, rafe y costillas.
- Tamaño: diámetro polar y ecuatorial (utilizando un vernier tipo manual marca Scala INOX).

Se determinó el número de semillas encontradas en cada característica. Determinando la viabilidad con la finalidad de determinar si la semilla se encontraba viva o muerta.

A cada tipo de semilla, se le aplicó un tratamiento pre germinativo con la finalidad de romper latencia si esta la presentara, aplicando una solución de Acido Giberélico (AG<sub>3</sub>) a 500 ppm hasta cubrir la semilla y dejando imbibir por 24 horas; transcurrido el tiempo se evaluó su calidad fisiológica mediante las pruebas de germinación a través del porcentaje de plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar, así como vigor por el Índice de Velocidad de Emergencia (IVE), Índice de Velocidad de Germinación (IVG) y Longitud Media de Hipocotilo (LMH).

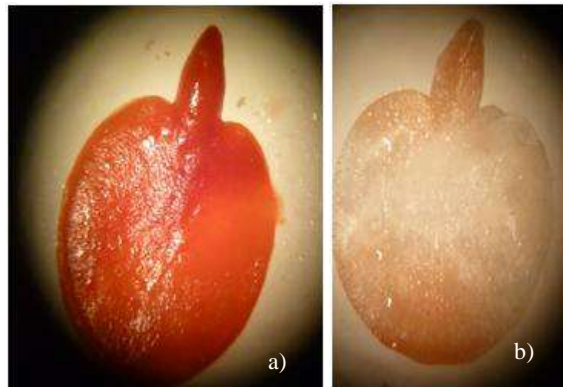
## **Variables evaluadas**

### **Viabilidad**

Se realizo mediante la prueba con Tetrazolio (ISTA, 2009) utilizando una solución acuosa de cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio de pH 6.5-7.5 al 1%, disolviendo 1 g de sal por 100 ml de agua; llevando a cabo los siguientes pasos:

- a) Acondicionamiento de semilla. Se tomaron 15 semillas por repetición de cada tipo, las cuales fueron procesadas quitando la testa y haciendo una punzón en la cubierta interna de la semilla con ayuda de una aguja para que la solución penetrara hasta los cotiledones; una vez procesadas las semilla de cada tipo se colocaron en cajas petri agregándoles hasta cubrir la semilla de la solución de tetrazolium y cubriendo cada caja con papel aluminio, después se llevaron a una cámara incubadora a  $35 \pm 1$  °C por 12 horas.

b) Corte y evaluación de la semilla. Llegando al tiempo de exposición, a cada semilla se le fue quitando la cubierta interior y separando los cotiledones para ser evaluados en número de semillas viables y no viables, donde una semilla viable es aquella que su eje embrionario, radícula y cotiledones están completamente teñidos de color rojo y las semillas no viables son aquellas que alguna de sus estructuras no se encuentren teñidas como se muestra en la Figura 3.1.



**Figura 3.1 Evaluación de una prueba de viabilidad con sal de tetrazolio al 1% en semilla de papaya Var. maradol a) semilla viable y b) semilla no viable.**

### **Capacidad de germinación**

La prueba se realizó 15 semillas por repetición por tipo morfológico, utilizando como sustrato peat-most, sembrando en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales fueron esterilizadas con hipoclorito de sodio al 2% sumergiéndose 1 minuto cada una. Después se procedió al llenado de charolas con el sustrato previamente humedecido y enseguida se colocó una semilla por cavidad. Una vez sembradas se llevaron al invernadero a una temperatura mínima de 20° C y una máxima de 45°C con una humedad relativa de 33 %, se pusieron una sobre otra,

cubriéndose con un plástico oscuro durante 7 días, al lapso de estos días se les retiro el plástico y se extendieron en una cama del invernadero.

Se evaluaron 2 conteos, uno se realizo a los 14 días después de la siembra tomando en cuenta solo las plántulas normales y el segundo conteo se realizo a los 21 días, contabilizando el total de plántulas normales, plántulas anormales y semilla sin germinar.

**Plántulas Normales.** Son aquellas plántulas que manifestaron buen desarrollo de sus estructuras esenciales: cotiledones e hipocotilo, tomándose como criterio un mínimo de tres centímetros para considerarse como plántula normal.

**Plántulas Anormales.** Se clasifico como plántulas anormales, aquellas que sus estructuras esenciales (hipocotilo y cotiledones) presentaban deformaciones.

**Semillas sin Germinar.** Se contabilizaron aquellas semillas que no emergieron.

## Vigor

**Longitud Media de Hipocotilo.** Esta variable se determino únicamente en plántulas normales, midiendo la longitud del hipocotilo a cada una de ellas con una regla graduada en centímetros.

**Índice de Velocidad de Emergencia.** Para esta Variable se llevo a cabo el conteo diariamente de las semillas germinadas durante 21 días y para su evaluación se utilizo la siguiente fórmula:

$$IVE = \sum \frac{\text{No. plántulas}}{\text{Día}} + \frac{\text{No. plántulas}}{\text{Día}}$$

**Índice de Velocidad de Germinación.** Para la evaluación, se tomaron en cuenta las plántulas normales emergidas por día a completar los días totales de la prueba de germinación.

$$IVG = \frac{\sum (D_i - D_j)}{i}$$

Donde:

$D_i$  = Semillas germinadas en el día  $i$

$I$  = Número de días al conteo desde la siembra

$D_j$  = Número de semillas germinadas en el conteo anterior al día  $i$

### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

### **Análisis Estadístico**

Los análisis de varianza se realizaron mediante el paquete estadístico SAS. Las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05% de probabilidad.

La información generada por los tratamientos se analizó mediante un análisis con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Valor observado.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

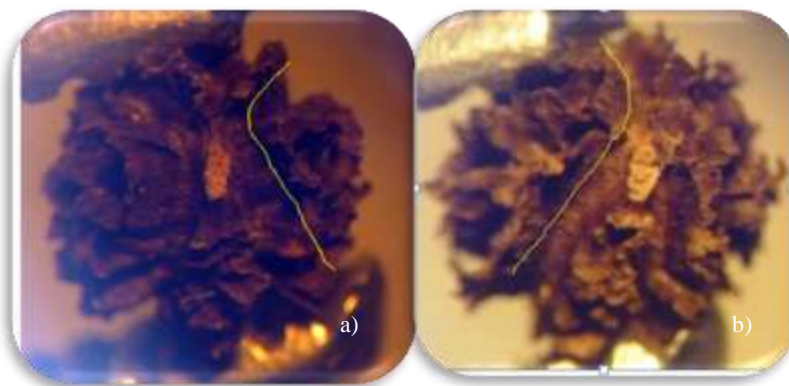
$E_{ij}$  = Error experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Clasificación e identificación morfológica de las semillas

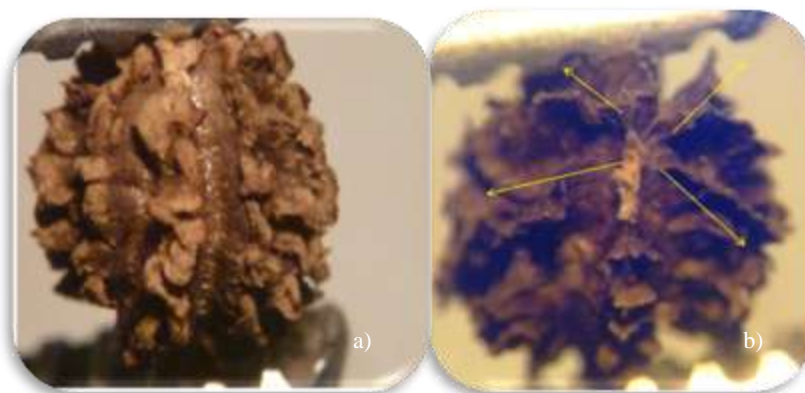
En el presente trabajo se obtuvieron los siguientes resultados; 18 características morfológicas en cuanto a clasificación e identificación de las semillas extraídas de los frutos de papaya, descritas a continuación:

Tipo I (Asimétrica Derecha): Posee una costilla a lado derecho del hilium, su forma es ovoide mientras que su color es café oscuro, posee un tamaño de diametro polar entre 5.5 mm y 6 mm, el diametro ecuatorial de 4 mm a 4.5 mm, el Tipo II (Asimétrica Izquierda): Posee una costilla al lado izquierdo del hilium, su forma ovoide, tienen un diámetro polar de 5.5 a 6 mm y diámetro ecuatorial de 4 a 4.5 mm (Figura 4.1).



**Figura 4.1 Semilla de Papaya Var. Maradol con las características morfológica Tipo I (Asimétrica Derecha); b) Tipo II (Asimétrica Izquierda).**

Tipo III (Esférica café claro): Esta semilla se caracteriza por su color café claro y su forma la cual es esférica tiene un diámetro polar 5 a 5.5 mm y su diámetro ecuatorial de 4.5 mm, el Tipo IV "A" (Tetra-plegada) presenta características que se basan en los 4 pliegues superiores al hilium, su color es café oscuro y su tamaño es de 5 mm de diámetro polar y 4 mm de diámetro ecuatorial (Figura 4.2).



**Figura 4.2 Semilla de papaya Var. maradol con las característica morfológica a) Tipo III (Esférica color claro); b) Tipo IV "A" (Tetra-plegada).**

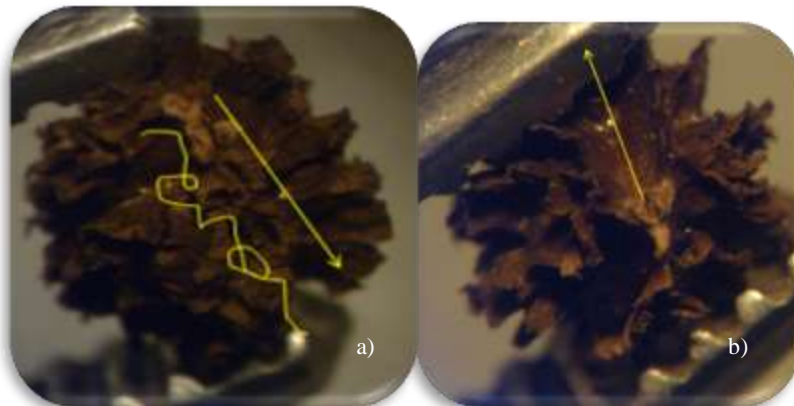
Tipo IV "B" (Tetra-plegada): Tiene 4 pliegues superiores al hilium, color café oscuro y posee un diámetro polar de 5.5 mm y el ecuatorial de 4.5 mm, forma ovoide. Tipo V (Tri-plegada) tiene 3 pliegues superiores al hilium, su color es café oscuro, su forma es ovoide y su tamaño es de 5 a 5.5 mm de diámetro polar y 4 a 4.5 mm de diámetro ecuatorial (Figura 4.3).





**Figura 4.3 Semilla de papaya Var. Maradol con las característica morfológica Tipo IV "B" (Tetra-plegada) Tipo V "C" (Tri-plegada).**

Tipo VI (Rafe deforme): La característica de esta semilla es que el rafe esta deforme, de color café oscuro, forma ovoide, tamaño de 5 mm a 5.5 mm de diámetro polar, 4 mm a 4.5 mm de diámetro ecuatorial. Tipo VII (Pliegue Definido) Entre sus estructuras posee un pliegue bien definido y sobresaliente por encima del hilium, de color café oscuro, forma ovoide, su tamaño oscila entre 5 mm a 6 mm de diámetro polar y de 4 mm a 4.5 mm de diámetro ecuatorial (Figura 4.4).



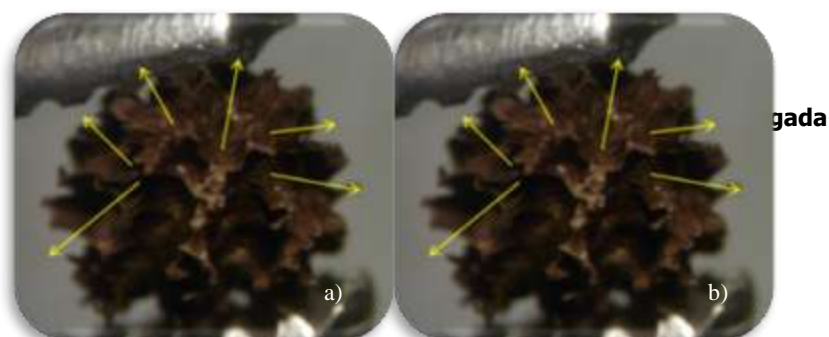
**Figura 4.4 Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológica a) Tipo VI (Rafe-deforme); b) VII (Pliegue-definido).**

Tipo VIII (Penta-plegada): Tiene 5 pliegues superiores al hilium, forma ovoide, color café oscuro, se divide en 3 tipos por su tamaño teniendo; VIII "A" (Penta-plegada) con 5 mm de diámetro polar y 4mm de diámetro ecuatorial, ya que en lo único que difieren es en su tamaño, Tipo VIII "B" (Penta-plegada) con 5.5 mm de diámetro polar y 4.5 mm de diámetro ecuatorial y el Tipo VIII "C" (Penta-plegada) con 6 mm de diámetro polar, 4.5 mm de diámetro ecuatorial (Figura 4.5).



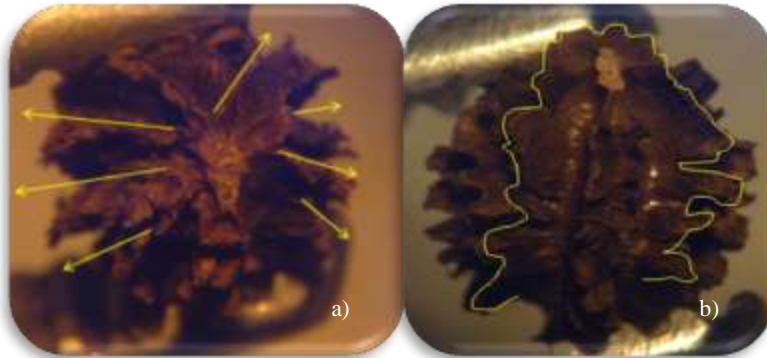
**Figura 4.5 Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológicas a) Tipo VIII "A" (Penta-plegada); b) Tipo VIII "B" (Penta-plegada); c) Tipo VIII "C" (Penta-plegada).**

Tipo IX "A" (Hexa-plegada): Presenta 6 pliegues por encima del hilium, color café oscuro, forma ovoide y su tamaño es de 5mm de diámetro polar y 4 mm de diámetro ecuatorial y el Tipo IX "B" (Hexa-plegada) su tamaño es de 6 mm de diámetro polar y 4 mm de diámetro ecuatorial (Figura 4.6).



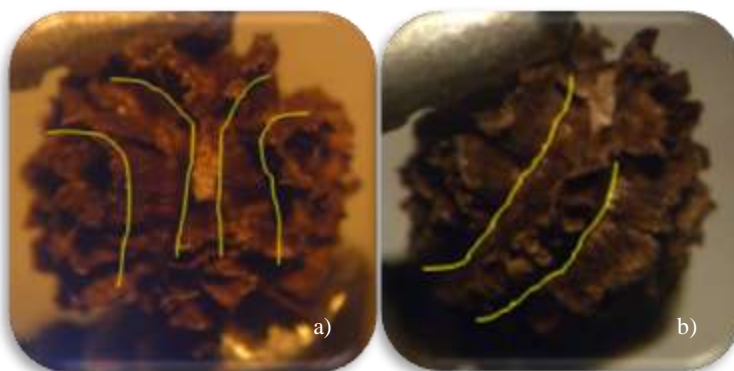
**Figura 4.6 Semilla de Papaya Var. Maradol con las característica morfológica a) Tipo IX "A" (Hexa-plegada); b) Tipo IX "B" (Hexa-plegada).**

Tipo X (Hepta-plegada): Presenta 7 pliegues muy marcados por encima del hilium, forma ovoide, color café oscuro, tamaño de 5.5 mm de diámetro polar y 4.5 mm de diámetro ecuatorial. Tipo XI (Rafe ancho) presenta su estructura muy característica, del Rafe ancho a comparación de los demás tipos su tamaño varía entre 5 a 6 mm de diámetro polar y de 4 a 4.5 de diámetro ecuatorial, su color café oscuro y de forma ovoide (Figura 4.7).



**Figura 4.7 Semilla de Papaya Var. Maradol con las características morfológicas a) Tipo X (Hepta-plegada); b) Tipo XI (Rafe ancho)**

Tipo XII (Costillas simétricas): Posee 2 estructuras en forma de costillas una por cada lado del hilium, su color es café oscuro, forma ovoide. Tipo XIII (Dextro-Rafe): El rafe va en sentido del reloj, de ahí su nombre. Tienen un color café oscuro, su tamaño oscila entre 5 a 6 mm de diámetro polar y 4 a 4.5 de diámetro ecuatorial (Figura 4.8).



**Figura 4.8 Semilla de Papaya Var. Maradol con las características morfológicas a) Tipo XII (Costillas Asimétricas); b) Tipo XIII (Dextro-Rafe).**

Tipo XIV (Levo-Rafe): Su rafe va en sentido contrario a las manecillas del reloj, de color café oscuro, forma ovoide, diámetro polar de 5 a 5.5 mm y 4 a 4.5 de diámetro ecuatorial (Figura 4.9).



**Figura 4.9 Semilla de Papaya Var. Maradol característica morfológica Tipo XV (Levo-rafe).**

En lo que respecta a las diferentes características encontradas se puede decir que posiblemente los tipos: Tipo XII (Costillas simétricas), Tipo XIII (Dextro-Rafe), VI (Rafe Deforme) y el XIV (Levo- Rafe) se deba a una deformidad en la semilla mientras que los Tipo III (Esférica café claro), IV (Tetra-plegada), V (Tri-plegada), VII (Pliegue Definido), VIII (Penta-plegada), IX (Exa-plegada), X (Hepta-plegada), XI (Rafe ancho) quizás se deba a una variabilidad genética mientras que el Tipo III (Esférica café claro) probablemente se trate de una semilla inmadura.

### **Viabilidad**

Los resultados de la comparación de medias de esta variable marcan claramente que los mayores porcentajes están dados por los tipos I (Asimétrica Izquierda), II (Asimétrica Derecha), V (Tri-plegada), X "A" (Hepta-plegada), XII (Rafe ancho) y XIII (Costillas simétricas) con el 100 % de viabilidad por otra parte los tipos que presentaron los mayores porcentajes de semilla no viable fueron los tipos VI (Rafe Deforme) con un 66.6% seguido por el III (Esférica café claro) con un 44.4%, el IV "B" (Tetra-plegada), VIII "A" (Penta-plegada) y XI "A" (Hepta-

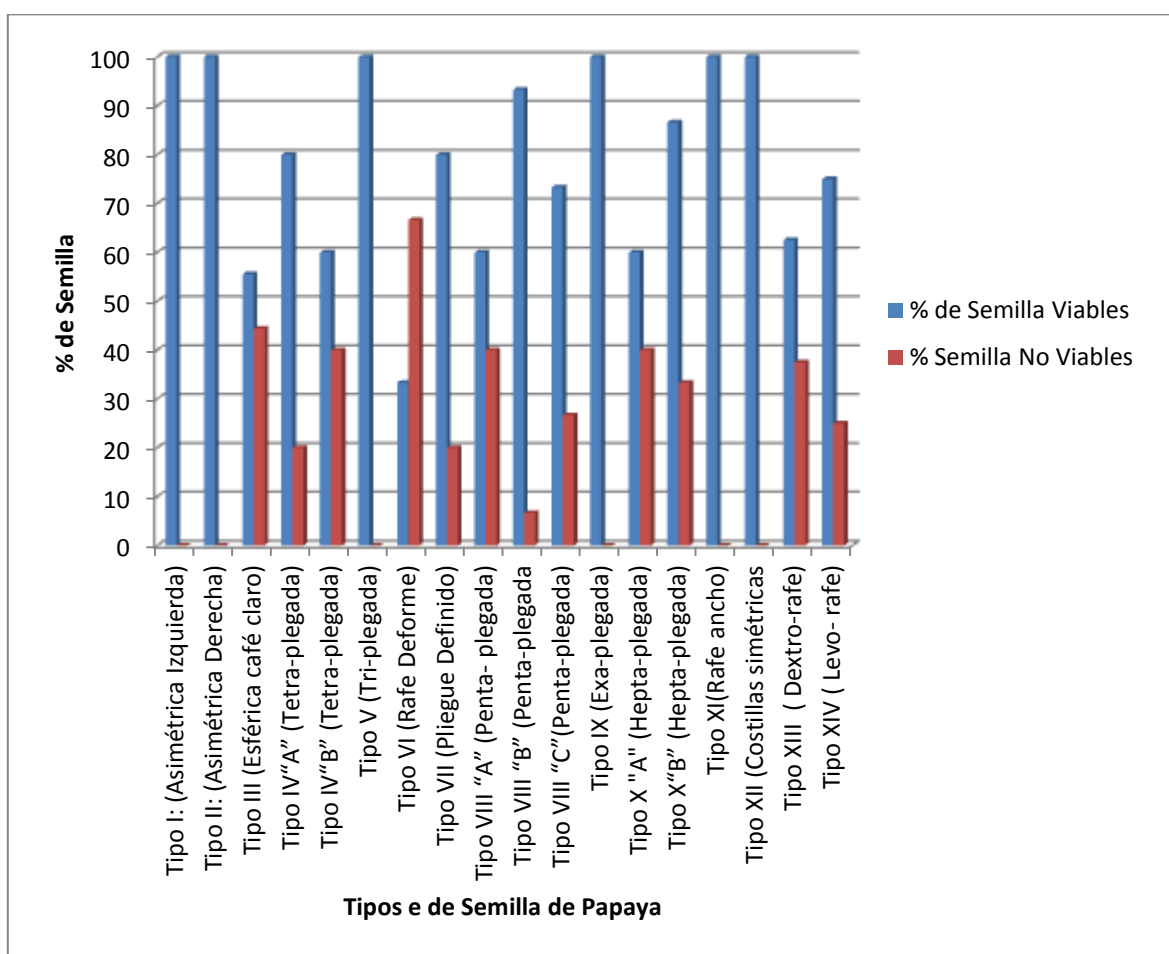
plegada) con un 40 % y por último el tipo XII (Dextro-rafe) con un 37.5 % como se muestra en el Cuadro 4.1. Haciendo referencia a las posibles causas de las diferentes características encontradas se puede decir que de estas últimas, era lógica su respuesta en la viabilidad por tener deformidades en sus estructuras y de otras por no tener la suficiente madurez (condición sugerida por el color) lo cual coinciden en estudios realizados anteriormente por Cotton *et al.*,1999), quien determino la viabilidad y el vigor de semillas de melón (*Cucumis melo* L.) y encontraron que aquellas semillas de melón que las semillas verdes claro (menor clorofila) fueron las que produjeron un menor porcentaje de semillas viables. Mientras que França Neto y Krzyzanowski (1990), encontraron que las semillas de soja arrugadas, sometidas a la Prueba por Tetrazolio, presentaron áreas de tejidos muertos (coloración blanca) sobre los cotiledones.

**Cuadro 4.1 Comparación de Medias de los 18 tipos de características morfológicas en semilla del fruto de papaya Var. Maradol en su respuesta a la prueba de viabilidad**

<b>TIPOS</b>	<b>Semilla Viable</b>	<b>Semilla No Viable</b>
Tipo I (Asimétrica izquierda)	100 A	0 J
TipoII (Asimétrica derecha)	100 A	0 J
Tipo III (Esférica café claro)	55.5 I	44.4 B
Tipo IV"A" (Tetra-plegada)	80 D	20 G
Tipo IV"B" (Tetra-plegada)	60 H	40 C
Tipo V (Tri-plegada)	100 A	0 J
Tipo VI (Rafe deforme)	33.33 J	66.66 A
Tipo VII (Pliegue definido)	80 D	20 G
Tipo VIII "A" (Penta-plegada)	60 H	40 C
Tipo VIII "B" (Penta-plegada)	93.33 B	6.66 I
Tipo VIII "C"(Penta-plegada)	73.33 F	26.66 E
Tipo IX "A "(Exa-plegada)	100 A	0 J
Tipo X"A" (Hepta-plegada)	60 H	40 C
Tipo X"B" (Hepta-plegada)	86.66 C	33.33 H
Tipo XI (Rafe ancho)	100 A	0 J
Tipo XII (Costillas simétricas)	100 A	0 J
Tipo XIII ( Dextro-rafe)	62.5 G	37.5 D
Tipo XIV ( Levo- rafe)	75 E	25 F

Letras iguales son estadísticamente iguales

En la Figura 4.10 se puede observar el comportamiento de la prueba de viabilidad de los 18 tipos de características en donde para semillas viables sobresalen más los tipos I (Asimétrica izquierda), II (Asimétrica derecha), V (Tri-plegada), X "A" (Hepta-plegada), XII (Rafe ancho) y XIII (Costillas simétricas) mientras que para semillas no viables el tipo VI (Rafe deforme) resalta la diferencia entre los demás tipos obteniendo el mayor porcentaje de semillas no viables lo que muestra que la deformidad interviene en la baja viabilidad de la semilla de papaya.



**Figura 4.10 Comportamiento de la Prueba de Viabilidad de los 18 tipos de características morfológicas de la semilla de papaya Var. Maradol.**

## Capacidad de germinación

### Plántulas Normales (PN)

En el análisis de varianza para la variable de plántulas normales se encontró que en los tipos de semilla encontrados en el fruto de papaya tuvieron una diferencia altamente significativa, indicando que al menos uno de ellos resultó diferente en esta variable y teniendo en esta variable un porcentaje en el coeficiente de variación de 20.63 mostrado en el Cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia de los 18 tipos de características morfológicas de semilla de papaya Var. Maradol en su respuesta en la prueba de capacidad de germinación bajo condiciones de Invernadero. Buenavista, 2011.**

FV	GL	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semilla sin Germinar
Tratamiento	17	13.98**	0.017**	0.00251 *
Error	36	1.90	0.0059	0.001006
CV (%)		20.63	9.42	4.40

\*\*= Altamente Significativo, CV %= Coeficiente de Variación

Para poder observar cual fue el comportamiento entre los tipos se realizó una prueba de comparación de medias por (DMS) al 0.5 de probabilidad, resultando que en el primer grupo estadístico los conformaron nueve tipos morfológicos donde el tipo XII (Rafe ancho) y XIII (Costillas simétricas) obtuvieron valores de germinación de 100 % en plántulas normales como se muestra el Cuadro 4.3 ambos tipos comparten la característica de forma ovoide, lo cual pueda ser que esta característica de la semilla sea la forma más aceptable para tener alta calidad fisiológica en la semilla por acumular mayor número de nutrientes, que a diferencia de un estudio de formas en el cultivo de soya hecho por Valle Gallo (2008), quien encontró que la forma esférica obtuvo porcentajes de solo 16 % de germinación, debido a la baja acumulación de reservas en los cotiledones.

Por otra parte los tipos que presentaron los valores más bajos de plántulas normales fueron el tipo III (Esférica café claro) con un 55.5 %, VIII "A" (Penta-plegada) y XI "A" (Hepta-plegada) con un 64.44 %.

**Cuadro 4.3 Comparación de medias de los 18 tipos de características morfológicas en semilla del fruto de papaya Var. Maradol en su respuesta a la capacidad de germinación.**

<b>TIPOS DE SEMILLA</b>	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>SSG</b>
Tipo I: (Asimétrica Izquierda)	86.66 BDAC	13.33EBDCF	0 C
Tipo II: (Asimétrica Derecha)	87.17 BAC	12.82EDCF	0 C
Tipo III (Esférica café claro)	55.45E	44.44A	0C
Tipo IV"A" (Tetra-plegada)	93.33 BA	5.13EF	2.22 BC
Tipo IV"B" (Tetra-plegada)	93.33BA	6.66EDF	0C
Tipo V (Tri-plegada)	93.33BA	6.66EDF	0 C
Tipo VI (Rafe Deforme)	93.33 BA	6.66EDF	0 C
Tipo VII (Pliegue Definido)	66.66EDC	27.77BDAC	5.887BC
Tipo VIII "A" (Penta-plegada)	66.66EDC	33.33BAC	0 C
Tipo VIII "B" (Penta-plegada)	86.66BDAC	13.33 EBDCF	0 C
Tipo VIII "C"(Penta-plegada)	64.44 ED	35.55 BA	0 C
Tipo X (Hexa-plegada)	71.11EBDC	28.89BDAC	0 C
Tipo XI"A" (Hepta-plegada)	64.44 ED	24.44EBDAC	9.22 BA
Tipo XI"B" (Hepta-plegada)	73.33 EBDC	26.67BDAC	0 C
Tipo XII (Rafe ancho)	100 A	0 F	0 C
Tipo XIII (Costillas simétricas)	100 A	0F	0 C
Tipo XIV ( Dextro-rafe)	77.78 EBDAC	22.22EBDACF	0 C
Tipo XV ( Levo- rafe)	66.67 EDC	16.33EBDCF	17 A

PN= Plántulas Normales, PA= Plántulas Anormales, SSG=Semilla sin Germinar

### **Plántulas Anormales (PA)**

En el Análisis de Varianza (ANVA) para esta variable, los tipos de semillas evaluados presentaron diferencias altamente significativas con un coeficiente de variación de 9.42 (Cuadro 4.2). Mientras tanto en la prueba de comparación de medias por DMS al 0.5 de probabilidad, se obtuvieron 11 grupos estadísticos resultando los mejores tipos el XII (Rafe ancho) y XIII (Costillas Simétricas) con un porcentaje de 0% de plántulas anormales por otro lado los tipos III (Esférica café



claro) con un 44.44 %, VIII "C" con un 35.5%, VIII "A" (Penta-plegada) con un 33.3 %, VII (Pliegue bien definido) con un 27.77 , XI "B" (Hepta-plegada) con un 26.67 %, presentaron los más altos valores de plántulas anormales. Los tipos VII (Pliegue bien definido), VIII "A" (Penta-plegada) y XI "A" (Hepta-plegada) comparten la características que ambos presentan pliegues lo cual podría deberse a alguna variabilidad genética y poseen un tamaño que va de 5mm a 6mm de diámetro polar y de 4 mm a 5 mm de diámetro ecuatorial (Cuadro 4.4), su forma es ovoide y de color café oscuro mientras que los tipos III (Esférica café claro) y VII (Pliegue bien definido) solo comparten las características de su forma ovoide, tamaño (Diámetro polar 5 a 6 mm y diámetro ecuatorial 4 a 4.5 mm) y color café oscuro, de todas estas características las únicas que probablemente indiquen que la semilla no tiene buena calidad fisiológica son las semillas que poseen las estructuras de pliegues definidos ya que quizás sean las que impidan que germine la semilla.

Estos resultados no coinciden con los estudios realizados por Valle Gallo (2008) él evaluó de acuerdo al color y forma de la semilla de Soja (*Glycine max*) en donde obtuvo el 14 % de plántulas anormales; por otra parte Cordazzo (2002), menciona que la masa de la semilla reflejada en el tamaño un factor biológico importante que afecta la germinación, el alargamiento y crecimiento de las plántulas.

**Cuadro 4.4 Medidas de diámetro polar y ecuatorial de los tipos de características morfológicas de las semillas de papaya Var. Maradol.**

TIPOS DE SEMILLA	Tamaño de semillas	
	Diámetro Polar	Diámetro Ecuatorial
Tipo I: (Asimétrica Derecha)	5.5 mm y 6 mm	4 mm a 4.5 mm
Tipo II: (Asimétrica Izquierda)	5.5 mm a 6 mm	4 mm a 4.5 mm
Tipo III (Esférica café claro)	5 mm a 5.5 mm	4.5 mm
Tipo IV"A" (Tetra-plegada)	5 mm	4 mm
Tipo IV"B" (Tetra-plegada)	5.5 mm	4.5 mm
Tipo V (Tri-plegada)	5 mm a 5.5 mm	4mm a 4.5
Tipo VI (Rafe Deforme)	5 mm a 5.5 mm	4mm a 4.5 mm
Tipo VII (Pliegue Definido)	5 mm a 6 mm	4 mm a 4.5 mm
Tipo VIII "A" (Penta-plegada)	5 mm	4mm
Tipo VIII "B" (Penta-plegada)	5.5 mm	4.5 mm
Tipo VIII "C"(Penta-plegada)	6 mm	4.5 mm
Tipo IX (Exa-plegada)	5mm	4 mm
Tipo X"A" (Hepta-plegada)	6 mm	4 mm
Tipo X"B" (Hepta-plegada)	5.5 mm	4.5 mm
Tipo XI(Rafe ancho)	5 mm a 6 mm	4mm a 4.5 mm
Tipo XII (Costillas simétricas)	5.5 mm a 6 mm	4 mm a 4.5 mm
Tipo XIII ( Dextro-rafe)	5 mm a 6 mm	4 mm a 4.5 mm
Tipo XIV ( Levo- rafe)	5 mm a 5.5 mm	4 mm a 4.5 mm

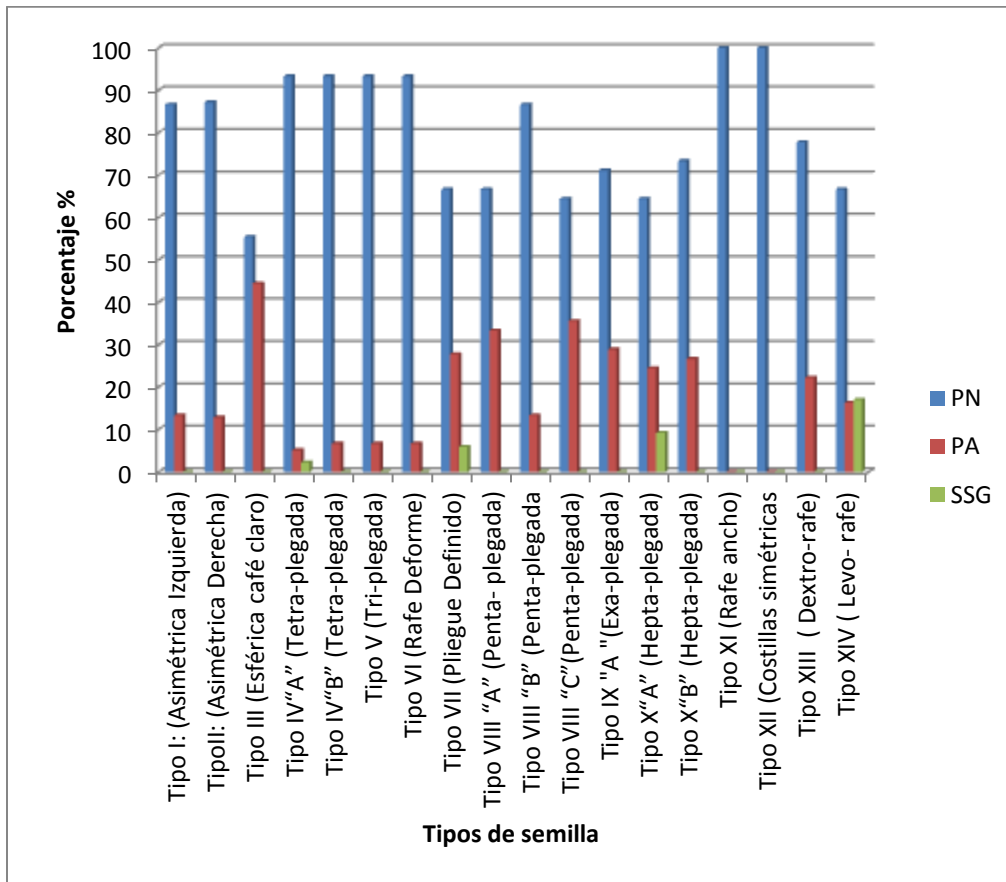
### **Semillas Sin Germinar (SSG)**

En el Cuadro 4.2 se puede apreciar que entre los distintos tipos de semillas hubo diferencias significativas teniendo como porcentaje en el coeficiente de variación 4.40. Para la prueba de comparación de medias de los 18 tipos evaluados, 2 tipos mostraron comportamiento no favorable ya que tienen los porcentajes más altos de semillas sin germinar los cuales son el Tipo XIV (Levo-rafe) característica que probablemente sea una deformidad con un porcentaje 17% y XI "A" (Hepta-plegada) con un 9.22% perteneciendo al mismo grupo estadístico(Cuadro 4.3). Respecto a su tamaño el Tipo X "B" (Hepta-plegada)

tiene un diámetro polar 5 mm y de diámetro ecuatorial 4mm mientras que el Tipo XIV (Levo-rafe) tiene de diámetro polar 5.5 a 6 mm y de diámetro ecuatorial 4 a 4.5 mm mostrado en el Cuadro 4.4, su color de los dos tipos es café oscuro.

En esta variable nuevamente se vuelve a presentar el tipo de semilla que tiene la característica de pliegues que quizás sea una característica genética, en base a ello se puede decir que es la característica para identificar a la semilla de mala calidad fisiológica por lo tanto no concuerda con lo que dice Aguilar (1995), ya que hace mención de que las semillas mas grandes muestran mejor germinación y vigor y por otro lado Ramírez, *et al.* (2011) dice que el, largo, ancho y perímetro de las semillas tienen relación con los procesos biológicos como germinación, crecimiento y desarrollo de plántulas y Gallo (2007) encontró que las semillas verdes que presentan abolladuras en ambos cotiledones poseen una reducida germinación. En esta Figura 4.11 se muestra el comportamiento de las variables Plantas Normales, Plantas Anormales y Semillas sin Germinar en donde se puede apreciar para plántulas normales de los 18 tipos evaluados mostraron resultados aceptables ya que todas obtuvieron más del 50%, teniendo los tipos XI (Rafe ancho), XII (Costillas asimétricas) como las mejores ya que tienen un 100% de plántulas normales, por otra parte para la variable de plántulas anormales los tipos III (Esférica café claro), VIII "A" (Penta- plegada), y VIII "C"(Penta- plegada) no mostraron resultados favorables ya que fueron los que presentaron mayor porcentaje de plántulas anormales mientras que para semillas sin germinar los tipos XIV "A" (Levo-crestada) y X "A" (Hepta-plegada), resultaron ser los que tuvieron un mayor porcentaje de (SSG) respecto a su tamaño los tipos: I, II, VII, VII "C", XI, XII, XIII (Costillas asimétricas) tienen un tamaño de diámetro polar de 5.5 a 6 mm y de diámetro ecuatorial de 4 a 4.5 mm y son los que poseen mayor tamaño quedando como en segundo lugar los tipos; III, IV "B" , V, VI, VIII "B", X "A" Y XI (Rafe ancho) con un diámetro Polar de 5 a 5.5 y de diámetro ecuatorial 4 a 4.5 mm y por último las semillas más pequeñas las conformaron los tipos: IV

"A", VIII "A", IX y X "B" con diámetro polar de 5 mm y diámetro ecuatorial de 4 mm (Cuadro 4.4).



**Figura 4.11 Pruebas de comparación de medias de capacidad de germinación de los 18 tipos de semilla de papaya Var. maradol.**

## Vigor

### Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

En el análisis de varianza para la variable índice de velocidad de emergencia los diferentes tipos de semillas presentaron diferencias altamente significativas en el coeficiente de variación de 12.66 (Cuadro 4.5).

**Cuadro 4.5 Cuadrados medios y significancia de las 18 características morfológicas de semilla de papaya var. Maradol en su respuesta en las pruebas de vigor bajo condiciones de invernadero. Buenavista, 2011**

FV	GL	IVE	IVG	LMH
Tratamiento	17	0.887 **	0.00000389**	0.1982740 **
Error	36	0.045	0.00000131	0.100313
CV (%)		12.66	0.16	15.31

\*\* Altamente significativo (0.01 % de probabilidad), CV % =Coeficiente de Variación, GL = Grados de Libertad, IVE= Índice de Velocidad de Emergencia, IVG= Índice de Velocidad de Germinación, LMH= Longitud de Media de Hipocotilo.

Con la finalidad de poder analizar mas a detalle su comportamiento se realizo una prueba de comparación de medias utilizando la prueba de DMS al 0.5 en donde los mejores la conformaron 11 grupos estadísticos de los cuales los Tipos IV"B" (Tetra-plegada), IV"B" (Tetra-plegada), Tipo VIII "A" (Penta-plegada), Tipo VIII "B" (Penta-plegada), II (Asimétrica-izquierda) y VI (Rafe Deforme), fueron los mejores para esta variable ya que obtuvieron más del 2.0 de IVE, mientras que los tipos XIII (Dextro-rafe) con .0467, VII (Pliegue Definido) con 0.0233 y III (Esférica café claro) con 0.0933 presentaron los más bajos valores de IVE (Cuadro 4.6). Esto no coincide con los estudios que realizo

(Mendoza *et al.*, 2006) en semilla de maíz de acuerdo a su forma y tamaño ya que su IVE fue de 3.9 plántulas por día.

**Cuadro 4.6 Cuadrados medios de los 18 tipos de características morfológicas de semilla de papaya Var. Maradol en su respuesta en las pruebas de vigor bajo condiciones de invernadero. Buenavista, 2011**

<b>TIPOS DE SEMILLA</b>	<b>IVE</b>	<b>IVG</b>	<b>LMH</b>
Tipo I: (Asimétrica izquierda)	2.0786 BAC	0.3333 BAC	4.1967EBDAC
Tipo II: (Asimétrica derecha)	1.9641 BAC	0.4033 BA	4.4300 BDAC
Tipo III (Esférica café claro)	0.2833 D	0.0933 FDEC	2.62EF
Tipo IV"A" (Tetra-plegada)	2.0716 BAC	0.2133 FBDEC	4.9367BAC
Tipo IV"B" (Tetra-plegada)	2.1210 BA	0.3533 BAC	5.2333 BA
Tipo V (Tri-plegada)	1.8660 BAC	0.3100 BDAC	4.8633BAC
Tipo VI (Rafe deforme)	2.0170 BAC	0.4733 BA	4.24EBDAC
Tipo VII (Pliegue definido)	1.1058 D	0.0233 FE	3.792EBDC
Tipo VIII "A" (Penta-plegada)	2.0781 BAC	0.2633 FBEDC	3.111EDF
Tipo VIII "B" (Penta-plegada)	2.0424 BAC	0.4767 BA	3.99EBDC
Tipo VIII "C"(Penta-plegada)	1.9757 BAC	0.2133 FBDEC	3.0667EDF
Tipo IX (Exa-plegada)	1.7655 C	0.4067 BA	3.15EDF
Tipo X"A" (Hepta-plegada)	1.8167BC	0.2867BDEC	2.9967EDF
Tipo X"B" (Hepta-plegada)	2.1908 A	0.2867 BDEC	4.0967EBDAC
Tipo XI(Rafe ancho)	1.9348 BAC	0.5700 A	4.3267BDAC
Tipo XII (Costillas simétricas)	0.9973 D	0.2900 BDEC	5.7A
Tipo XIII ( Dextro-rafe)	0.7925 D	0.0467 FDE	2.13 F
Tipo XIV ( Levo- rafe)	1.0254 D	0.00 G	3.4417EDFC

C.V. (%)= coeficiente de variación, IVE = Índice de Velocidad de Emergencia, IVG = Índice de Velocidad de Germinación, LMH = Longitud Media de Hipocotilo.

### **Índice de Velocidad de Germinación (IVG)**

Para esta variable en el análisis de varianza los tipos de semilla de papaya mostraron diferencias altamente significativas para el coeficiente de variación en donde el porcentaje es de 0.16 (Cuadro 4.5). Y en la prueba de comparación de medias nos arroja que el Tipo XI(Rafe ancho) obtuvo el valor más alto siendo de 0.57 de IVG mientras que los tipos II: (Asimétrica derecha), VIII "B" (Penta-

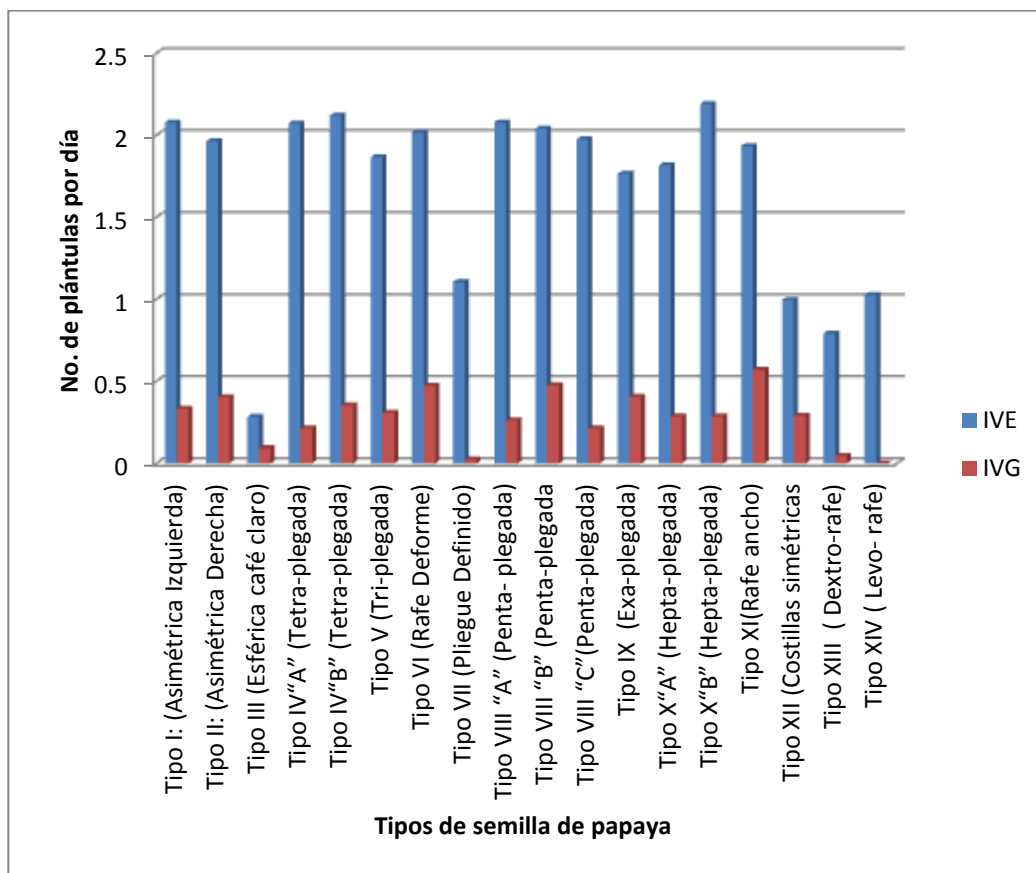
plegada) y VI (Rafe deforme) y IX (Exa-plegada) presentan valores 0.40 y 0.47 de IVG, cabe mencionar que estadísticamente son iguales mientras que los demás tipos estuvieron por debajo de estos valores como se puede observar en el Cuadro 4.6. Los 4 tipos tienen diferente tamaño y 3 de ellos tienen el mismo color excepto el tipo VI, estos resultados concuerdan con lo que dice Mendoza *et al.*, (2006) quienes encontraron un IVG de 0.47 plántulas normales por día en semilla de maíz evaluando su forma y tamaño. Por otra parte, Jalink *et al.*, (1999), trabajaron en semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) encontrando un incremento en la velocidad de germinación a medida que el contenido de clorofila en las cubiertas seminales decrecía.

### **Longitud Media de Hipocotilo (LMH)**

En el análisis de varianza se puede observar para esta variable de longitud media de hipocotilo que entre los tipos de semilla encontrados presentan diferencias altamente significativas teniendo un coeficiente de variación de 15.31 (Cuadro 4.5). Con la prueba de comparación de medias se logró observar que el primer grupo estadístico lo conforman 9 tipos morfológicos de los cuales el tipo XII (Costillas asimétricas) fue el más obtuvo el más alto valor siendo de 5.7 cm de longitud de hipocotilo seguido del tipo IV<sup>B</sup> (Tetra-plegada), con un valor de 5.23 cm mientras que para el siguiente grupo estadístico lo forman 7 tipos morfológicos obteniendo los valores más bajos los tipos XIII (Dextro rafe) con una longitud de 2.13 y III (Esférica café claro) con longitud de 2.6 cm (Cuadro 4.6).

En la Figura 4.12 se puede apreciar el comportamiento de los diferentes tipos de semillas evaluados, observando para la variable índice de velocidad de emergencia que los tipos I (Asimétrica izquierda) y X<sup>B</sup> (Hepta-plegada), fueron los que sobresalieron más a comparación de los demás tipos, por otro lado para la variable de índice de velocidad de germinación los mejores tipos resultaron ser el

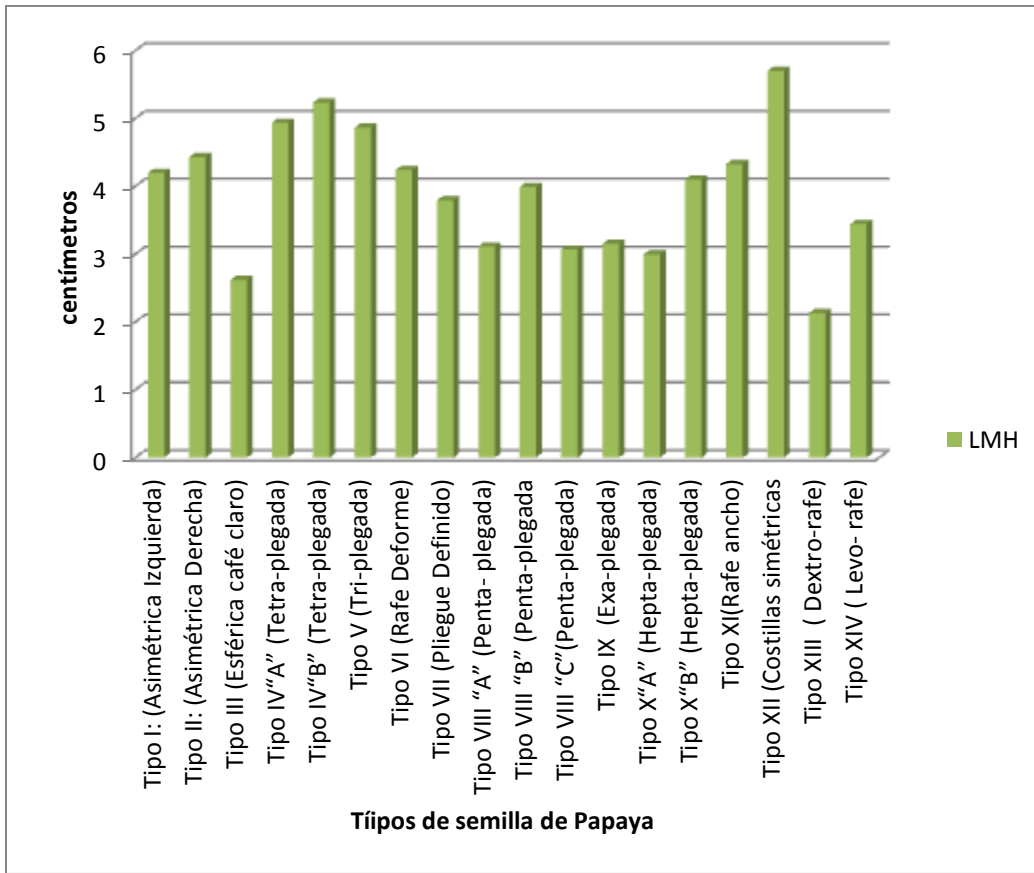
VI (Rafe Deforme), VIII "B" (Penta-plegada) y XII (Rafe ancho) teniendo los más altos valores de IVG. mientras que para longitud media de hipocotilo el tipo XIII (Costillas asimétricas) fue el que marco la diferencia en comparación de los demás tipos.



**Figura 4.12 Comportamiento entre variables de vigor de los 18 tipos de características morfológicas de semillas de Papaya Var. Maradol.**

En la Figura 4.13 se puede observar que el tipo XII (Costillas simétricas) marco la diferencia entre los demás tipos de morfologías demostrando ser la mejor para esta variable, teniendo como segundo lugar el tipo IV "B" (Tetra plegada) mientras que los tipos III y XIII mostraron una respuesta poca favorable para esta variable.





**Figura 4.12 Comportamiento entre variables de vigor de los 18 tipos de características morfológicas de semillas de Papaya Var. Maradol.**

## **CONCLUSIONES**

Una vez obtenidos los resultados del presente estudio de características morfológicas en la semilla de papaya Var. Maradol y conocer su respuesta fisiológica de cada característica se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los frutos de papaya var. Maradol provenientes de una planta hermafrodita generan semilla con diferentes características morfológicas ya que puede producir hasta 18 tipos diferentes.
- En los 18 tipos de características morfológicas de semilla encontrados en frutos de papaya var. Maradol presentan diferentes porcentajes de viabilidad sobresaliendo Tipo I (Asimétrica izquierda) y el Tipo II (Asimétrica derecha) con mayor viabilidad, sugiriendo una relación entre esta característica morfológica y la calidad fisiológica mediante la viabilidad.
- En los 18 tipos de características morfológicas de semilla encontrados en los frutos de papaya Var. Maradol, al parecer el tamaño de la semilla no intervine en la calidad fisiológica de vigor ya que todos presentaron diferentes tamaños pero con una respuesta fisiológica similar.

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Saltillo Coahuila donde el objetivo fue identificar las diferentes características morfológicas de la semilla provenientes de frutos de plantas hermafroditas de papaya var. Maradol y su calidad fisiológica. El trabajo se realizó en cuatro etapas; la extracción de la semilla de los frutos, el acondicionamiento de esta, la clasificación por tamaño e identificación morfológica y la evaluación fisiológica de los diferentes tipos de semilla al término de esto se encontraron 18 tipos de semilla de papaya var. Maradol donde las variables a evaluar fueron capacidad de germinación (plántulas normales, anormales y semillas sin germinar) y vigor (índice de velocidad de emergencia, índice de velocidad de germinación) y longitud media de hipocotilo. En los resultados para la variable capacidad de germinación en plántulas normales los tipos XII (Rafe ancho), XIII (Costillas simétricas) obtuvieron el 100% para Plántulas Anormales los tipos que obtuvieron mayor porcentaje fueron III (Esférica café claro) con un 44.44 seguido del tipo VIII "C"(Penta-plegada) con un 35.55 y por último el VIII "A" (Penta-plegada) con un 33.33 mientras que para semillas sin germinar el tipo XV (Levo-rafe) presento un 17 % por otro lado para la variable de Vigor en Índice de velocidad de emergencia los mejores tipos encontrados fueron el IV"B" (Tetra-plegada) con un 2.12 como segundo lugar se encuentra el tipo IV"A" (Tetra-plegada) teniendo 2.07 sin embargo para Índice de velocidad de germinación el mejor tipo fue XI(Rafe ancho) con un 0.57 y para longitud media de hipocotilo el tipo XII (Costillas simétricas) obtuvo un 5.7 marcando la diferencia entre los demás.

**Palabras clave:** Semilla, características morfológicas, Var. Maradol y Papaya.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar., I. B.-1995.- Conservación de Sementes. Manual Técnico de Sementes Forestais. 14: 33-44.
- Arlette Ivonne., G.; Miranda Diego.- 2005.- Morfología de la flor y de la semilla de papaya (*Carica papaya L.*) variedad Maradol e híbrido Tainung-1. Revista. Agronomía Colombiana. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. 23(2).
- Besnier., R. F.- 1989.- Semillas Biología Tecnología. Editorial. Mund-Prensa. Primera Edición. Madrid, España. Pp. 637.
- Bonfil., C.- 1998.- The effects of the seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fagaceae). Amer. J. Bot. 85:79-87.
- Carisemen.-2000.-El cultivo de la papaya Maradol Roja (*Carica papaya L.*). La semilla del Caribe. Gerencia de Investigación y Desarrollo. Folleto Técnico. Guadalajara, México. Pp. 30. Castañeda Saucedo., M. C.; López
- Castañeda., C.; Molina Moreno., J. C.; Hernández Livera., A.- 2009.- Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. Revista. INTERCIENCIA. 34 (4): 287-288.

- Chávez Bedoya., G.; Pulido Mauricio., j.; Sánchez Betancourt., E.; Núñez V.- 2009.- Marcadores RAPD para la Identificación del Sexo en Papaya (*Carica papaya*) en Colombia. Revista. Agronomía Colombiana. 27 (2): 145-149.
- Constantino., M.; Gómez Álvarez., R.; Álvarez Solís., J. D.- 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de (*Carica papaya L.*) Bogotá, Colombia. Colombiana de Biotecnología. 12(2):103-104.
- Cordazzo., C. V.- 2002.- Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. Braz. J. Bot. 62: 427-435.
- Cotton., C.; Welbaum., G. E.; Gray., C.- 1999.- Use of chlorophyll content to determine quality of muskmelon seeds. Commercial Horticulture Newsletter. Virginia Cooperative Extension, Virginia Polytechnic Institute and Virginia State University. July-Agust.
- Franca Neto., J. B.; Krzyzanowski., F. C.; Henning., A. A.; West., S. H.; Miranda., L. C.- 1993.- Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during seed filling. See Science & Technology. 21:107-116.
- Gallo., C.- 2007.- Semillas verdes de soja: ¿qué calidad tienen?. Análisis de Semillas. 2: 80-83.
- Ibar., L.-1983.- Aguacate, Chirimoya, Mango y Papaya. Editorial AEDOES. Barcelona, España. Pp. 130.
- Maldonado., D.; Yaguachi., M. B.- 2006.- Caracterización física, pruebas de germinación y almacenamiento en semillas de cinco especies forestales de los

sitios Uritusinga catones Loja y Catamayo, Cungapite y Altar Urco Canton Cañar. Tesis de Ing. en Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ciencias Ambientales, Loja-Ecuador.

Malo., S. E. and Campbell., W. C.- 1994.- The papaya facts sheet HS. 11 April. Horticultural Sciences Department Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida. U. S. A.

Mandujano., B. R. A.-1998.- El papayo y su producción en México. En XI Curso Internacional de Actualización en Fruticultura Avanzada; Cultivo, Manejo y Exportación. Ixtapa de la Sal, México. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S. C. México. Pp. 86-106.

Mariño., N. E. M.; Cerovich., M. C.- 2007.- Características Morfológicas Cualitativas y Cuantitativas en Semillas de algunas especies del género Canavalia. Instituto de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.

Mendoza., P. C.; Hernández Livera., A.; González Cossío., F. V.; García de los Santos., G.; Carballo Carballo., A.; Vásquez Rojas., T. R.; Tovar Gómez., M. R.- 2006.- Tamaño de semillas y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. Agricultura Técnica en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, México. 32 (003): 343.

Missio., C.- 2002.- El valor de las semillas. Seednews. La revista Internacional de Semillas. Año VI. 2:12.

Moreno., M. E.- 1996.- Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas. Tercera edición. UNAM. México. Pp 386-389.

- Morín Charles.-1967.- Cultivo de frutos tropicales. Librerías A.B.C., S. A. Lima Perú. Pp. 234.
- Muñoz., B. S. J.; Montejo., L. H. R.- 2001.- Características morfológicas y fisiológicas de semillas de *Prunus soccidentalis*. Comparación entre especies de diferentes estrategias sucesionales. ECOTROPICOS. Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA. La Habana, Cuba.
- Ochese., J. J.- 1980.- Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Tomo 1. Primera Edición. Editorial Limusa. México, D.F. Pp. 36.
- Ramírez., S. S. E.; López., U. J.; García., S. G.; Vargas., H. J. J.; Hernández., L. A.; Ayala., G. Ó. J.- 2011.- Variación morfológica de semillas de *Taxus globosa*. Fitotecnia Mexicana. Fitotecnia 3 (2): 93- 99.
- Saalau Rojas., E.; Barrantes Santamaría., W.; Loría Quiroz., C. L.; Brenes Angulo., A.; Gómez Alpizar., L.- 2009.- Identificación mediante PCR del sexo de la papaya (*Carica papaya* L.), híbrido "Pococi". Agronomía Mesoamericana. 20(2): 311-317.
- Samson., J. A.-1991.- Fruticultura tropical. Primera Edición. Editorial Limusa S. A. México, D.F. Pp. 305-319.
- Sañudo Barajas., J.A.; Siller Cepeda., J.; Osuna Enciso., T.; López Álvarez., G.- 2008.- Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. Fitotecnia, A. 31(002). 52
- Semillas del Caribe.- 2003.- La papaya Maradol. Especialistas de semillas de papaya. Guadalajara, Jalisco.

- SIACON-SAGARPA.- 2007.- Subsistema de Información Agrícola. Información de cultivos 1980-2007. CD interactivo.
- Story., W. B.- 1987.- Papayo. En: Genotecnia de cultivos tropicales perennes. AGT. Editor S.A. Pp. 374-372.
- Terenti., O. A.- 1996.- Estudio de los factores de manejo que inciden en la producción de semillas de *Poa ligularis Neeps ap. Steudel* (poa). Tesis Magister. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Valle Gallo., C.-2008.- Calidad fisiológica y efecto de la presencia de semillas verdes de soja (*Glicine max L.*) en lotes destinados a simiente. Tesis. Maestro en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
- Franca Neto J.B. y Krzyzanowski F.C. 1990. Sementes enrugadas: nuevo problema da soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA).Comunicado técnico Nº 46.1-4 pp.
- Franca Neto J.B., Padua G.P., Carvalho M.L.M., Costa O., Brumatti P.S.R., Krzyzanowski F.C., Costa N.P., Henning A.A. y Sánchez D.P. 2005. Semente esverdeada de soja esau cualidades fisiológica. EMBRAPA Soja. Circular Técnica Nº 38. 8 pp.
- Jalink H., Van Der School R., Birnbaum Y.E. and Bino J.B.- 1999.- Seed chlorophyll content as an indicator for seed maturity and seed quality. Acta Horticulturae, Wageningen, 504:219-228.



Hartmann, H.T. and D.E. Kester, 1988. Propagación de plantas. Editorial Continental, pp. 30-43.

Mc Donald, M. B. Jr. 1977. The influence of seed moisture on the accelerated ageing seed vigor test. J. of Seed Tech. 2(1); 12-28 USA.

Miranda, F. 1984. Vigor y pruebas de semillas conferencia VIII. Curso de postgrado en tecnología de semillas. CIAT, Colombia, 18p.

### **Citas de Internet**

[www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx) Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SAGARPA. Consulta de Indicadores de Producción Nacional, Precios y Márgenes de Comercialización de Papaya.

<http://www.eiag.edu.ni/Pwebs/Investigaci%C3%B3n/Invest/papaya.pdf>

<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCAHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAFIA%20PAPAYA2010.PDF>

[http://www.corspac.com/5\\_informe\\_estudio\\_mercado\\_papaya\\_2009.pdf](http://www.corspac.com/5_informe_estudio_mercado_papaya_2009.pdf)

<http://www.snitt.org.mx/pdfs/demanda/papaya-maradol.pdf>).